

REHABILITACIJA REKA – NUŽAN ODGOVOR NA POGORŠANJE EKOLOŠKIH I KLIMATSKIH USLOVA U GRADOVIMA

Cvetanka POPOVSKA¹⁾ i Branislav ĐORĐEVIĆ²⁾

¹⁾ Univerzitet "Sv. Kiril i Metodij", Građežen fakultet, Skopje, Makedonija
popovska@gf.ukim.edu.mk

²⁾ Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, branko@grf.bg.ac.rs

Blaženo živeti i živeti u skladu sa Prirodom - znači isto (Seneka)

REZIME

Reke u zonama naselja u procesu urbanizacije doživljavaju najveće morfološke i hidrauličke promene. Promene su izazvane regulacijama koje ranije nisu vodile računa o ekološkoj i sociološkoj ulozi reke u urbanoj matrici grada. Zbog toga često dolazi do degradacije reka kao ekoloških sistema, ali i kao akvatorija koje imaju izuzetno važnu sociološku i humanu dimenziju u uslovima razvoja gradova. Sa jačanjem ekološke svesti društva, podstaknutim i sve većim pogoršavanjem ekoloških i klimatskih uslova u gradovima, javlja se potreba da se izvrše radovi na revitalizaciji reka. Ako se pođe od sistematizacije da postoje tri mogućnosti ekološke obnove reka – restauracija, rehabilitacija i remidijacija – može se konstatovati da restauracija (vraćanje u prvobitno ekološko stanje) praktično nije moguća, imajući u vidu obim antropogenih uticaja u širem priobalnom pojasu. Međutim, praktično u svim slučajevima je moguća mera rehabilitacije, kojom se značajno poboljšavaju ekološki uslovi reke, pa se ona pretvara u gradsku akvatoriju koja je u poželjnom ekološkom, urbanom i sociološkom stanju. Mera revitalizacije vodotoka u zonama naselja je nerazdvojni deo mera integralnog uređenja, korišćenja i zaštite voda koje su planirane strateškim planskim dokumentima u oblasti voda. Te aktivnosti su ključne za harmonizaciju pet baznih kategorija od kojih zavisi kvalitet jednog složenog urbanog sistema: Prirode (voda, vazduh, klimatski parametri), socijalne sredine), urbane strukture, javnih službi, mrežnih infrastrukturnih sistema. Pošto se ti odnosi tokom vremena narušavaju, pre svega zbog aktivnosti ljudi, potrebni su povremeni radovi na poboljšanju vodoprivrednih sistema i rehabilitaciji reka.

U ovom članku se razmatraju pogrešni pristupi urbanizaciji u zoni rečnih koridora u nekim gradovima, kao i potreba i velike mogućnosti revitalizacije reka na urbanim područjima. Novu dimenziju i urgentnost tim aktivnostima daju i događanja sa klimatskim promenama, kojima se sve ozbiljnije pogoršavaju vodni režimi. Povodnji postaju sve nagliji i veći, a malovođa sve ekstremnija i po dužini trajanju i po količini vode. Pogoršanje vodnih režima i sve lošiji ekološki uslovi i uslovi življenja u gradovima, zahtevaju da se oba problema simultano rešavaju radovima na revitalizaciji reka, kojima se obnavljaju ne samo reke kao vodeni ekosistemi, već se ekološki obnavljaju i uređuju i čitave zone koridora koje reke zauzimaju u urbanim matricama. Definišu se neka polazišta za revitalizaciju vodotoka, prikazuju se loši primeri dalje degradacije reka, ali i veoma uspeli primeri revitalizacije nekih reka u inostranstvu.

Ključne reči: regulacije reka, gradovi, rečni ekosistemi, revitalizacija, klimatske promene

1. UVOD: GRADSKE REKE U USLOVIMA URBANIZACIJE

Civilizacije i gradovi se od drevnih vremena razvijaju u rečnim dolinama, tako da je vrlo umesan termin K. Wittfogela koji stare civilizacije koje su se razvijale u takvim uslovima naziva 'hidrotehničkim civilizacijama'. Građeci naselja kraj reka čovek je od najranijih vremena menjao morfologiju korita i vodne režime reka, prilagođavajući ih potrebama naselja koja su izrastala na rečnim obalama. Time je otvaran proces stalnog nadmetanja čoveka sa Prirodom, uz postepeno sve opasnije delovanje sledeća dva suprotno usmerena procesa.

Sa jedne strane, sužavajući inundacione površine, pa i čak i osnovno rečno korito, radi izgradnje raznih urbanih sadržaja u obalnom pojasu, čovek je sve ozbiljnije pogoršavao hidrauličke uslove tečenja u zoni naselja, dovodeći do povećanja nivoa povodanja istih povratnih perioda javljanja. Nekada je do ozbiljnih pogoršanja uslova tečenja u gradskim zonama dolazilo i zbog neprimerenog izbora dispozicija mostova (suženje profila, nisko položeni glavni nosači, kao što je bio slučaj na pešačkom mostu na Vardaru u Skoplju), što je dovodilo do ozbiljnih pogoršanja uslova propagacije povodanja kroz gradske područja.

Sa druge strane, izgradnja sve skupljih i bezbednosno delikatnijih sadržaja u naseljima postavljala je sve strožije kriterijume u pogledu zahtevane pouzdanosti zaštite od poplava: od povodnja verovatnoće oko 2% (pedesetogodišnja velika voda) u uslovima manjih naselja, pa do verovatnoće oko 0,2% (petstogodišnja velika voda), u uslovima najvećih urbanih centara, kod kojih bi plavljenja izazvali velike ekonomske, ekološke, ali i sociološke posledice na mnogo širem prostoru od neposredne zone plavljenja (Đorđević, 2008). To je u skladu sa činjenicom da su u uslovima plavljenja velikih urbanih i industrijskih sistema indirektna šteta po dva i više puta veća od neposrednih šteta. Zbog toga se proces urbanizacije naselja odigravao sve više pod pretnjom postupnog zaklapanja ta dva kraka 'makaza' tih procesa – da su povodnji sve veći i nepovoljniji, a da se zahteva u pogledu stepena zaštite sve strožiji.



Slika 1. Gradska reka - Dragor u Bitolju u 19 veku (Edward Lear, 1812-1888)

Suština procesa koji se odigravaju na rekama u naseljima vidi se na Slici 1 gde je prikazana Gradska reka Dragor u Bitolju, polovinom 19. veka: korito za veliku vodu se već zaposeda raznim sadržajima, ali je reka, očito se vidi na slici, 'žila kucavica' grada, jer se na njenim obalama odvijaju razni kućni poslovi, ali ona služi i kao mesto okupljanja i druženja ljudi. Prosto je

začuđujuće što tu vrlo bitnu sociološku dimenziju rečnih obala projektanti regulacija često nisu uzimali u obzir planirajući strogo funkcionalne regulacije, koje su često delovale čak i odbojno za ljude željne druženja sa vodom. Postoji još jedna bitna zakonitost: prvi regulacioni radovi osnovnog korita u svim naseljima delovali su, po pravilu, kao 'okidač' za ubrzanije i nekontrolisanije zaposedanje major korita, jer čak i fazne, parcijalne regulacije stvaraju kod ljudi varljiv i po njih opasan osećaj zaštićenosti od poplava. To se uočava i na fotografiji te iste reke u Bitolju u današnjem stanju, Slika 2. Uočava se da je propuštena veoma povoljna šansa da se reka regulacionim radovima zadrži da bude glavna osovina urbanizacije, socijalizacije i ekološkog uređenja grada, već je pretvorena u od građana otuđen otvoreni kanal, kome se teško može prići i na koga se naslanjaju – parkirališta. Taj primer nije usamljen, jer je u nizu gradova propuštena prilika da grad suštinski – urbano, socijalno, ekološki – siđe na rečne obale. Takva je prilika propuštena čak i u Banja Luci, koji poseduje Vrbas, jednu od najatraktivnijih evropskih reka, ali tu priliku još nije iskoristio da tu akvatoriju na najatraktivniji ekološki i sociološki način uklopi u svoju urbanu matricu.



Slika 2. Regulisana reka Dragor u sadašnjem stanju - ekološki, socijalno i bezbednosno u znatno nepovoljnijem stanju nego ranije

U uslovima delovanja navedenih procesa i sve strožijih zahteva obezbeđivanja gradova od poplava, najveći broj naselja je prošao kroz fazu tzv. *funkcionalne regulacije reka*, koja je prevashodno vodila računa o hidrološko-hidrauličkim aspektima (kako smestiti računski povodanj u dosta ograničene koridore korita u urbanoj matrici), a malo se vodilo računa o estetskim i

ekološkim aspektima. Dobar primer takve funkcionalne regulacije je tok Vardara kroz Skoplje pre velikih radova na regulaciji iz 1970 godine. Naime, zbog specifične geneze velikih voda, koincidencijama povodanja Vardara, Treske i Lepenca, Vardar je često katastrofalno plavio Skopje (najveće poplave: 1778, 1858, 1867, 1876, 1895, 1903, 1916, 1935, 1937, 1962, 1979). Nakon učestalih poplava 1895 i 1897. tadašnji valija Hafus Mehmed pasa naredio je regulaciju izgradnjom kejskih zidova. Međutim, upravo su te regulacije stvarale varljiv osećaj sigurnosti, te se grad ubrzano širio u rečnom koridoru, tako da su i dalje nastupale poplave, pa se sve svodilo na produžavanje kejskih zidova. Takvi radovi su izvođeni sve do 1937, i tada je korito bilo uređivano samo obaloutvrdama za veliku vodu, bez drugih estetskih i ekoloških aspekata koji bi oplemenili taj izuzetno pogodan urbani prostor (Slika 3). Zapaža se da je u tom dugom periodu regulacija bila samo u funkciji zaštite od povodanja, i da nije bila iskorišćena izvanredna prilika da se obalni pojas rečne terase uredi tako da privlači ljude da se duže zadržavaju na uređenim kejevima kraj akvatorije. Na slici se veoma jasno uočava i činjenica da reka ne 'prihvata' trasu koja joj je nametnuta hidraulički neprilagođenim kejevima, već zasipanjem, sprudovima, pa i vegetacijom ona sama sebi stvori elemente korita koji su joj potrebni u skladu sa zakonitostima tečenja, formiranjem strujne slike i režimom pronosa vučenog i suspendovanog nanosa. Takvo stanje se održavalo sve do velike poplave 1962 koja je pokazala da se mora pristupiti detaljnijoj regulaciji, koja bi obuhvatila čitavu merodavnu dužinu rečnog koridora na širem gradskom području. Taj projekat je završen 1970 godine, i predstavljao je hidrotehničko rešenje sve do najnovijih dana.

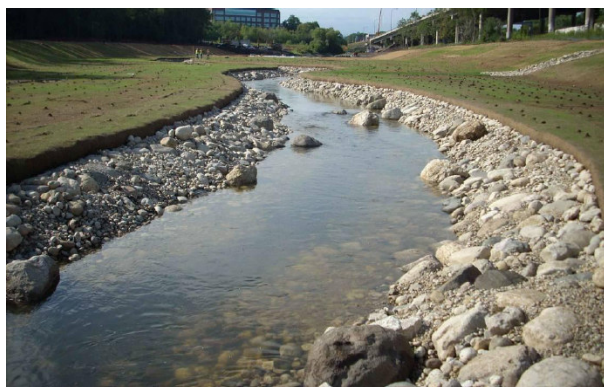


Slika 3. Korito Vardara u Skoplju pre radova na regulaciji

Još je nepovoljniji način funkcionalnih regulacija bio u naseljima kroz koja protiču manji vodotoci bujičnog karaktera. Kod njih su se regulacije najčešće svodile na kinetiranje korita, čime su, u suštini, vodotoci pretvarani u otvorene betonske kolektore, potpuno mrtve u ekološkom pogledu. Primera ima dosta, ali se ovde na Slici 4 navodi jedan primer iz SAD (Kinnickinnick River, Milwaukee). Reka je pretvorena bukvalno u otvoreni kolektor, ekološki mrtav, u kome nema nikakvog života. Takva regulacija je i sociološki i urbano vrlo odbojna, ali je čak i bezbednosno opasna, jer ljudi ili životinje koji u upadnu u tako kinetirano korito teško mogu da izađu pri iole većim vodama. Upravo zbog toga taj vodotok je radikalno rehabilitovan, a na slici 5 se vidi faza tog rešenja.



Slika 4. Kinetirano korito na potezu kroz Milwaukee (Kinnickinnick River)



Slika 5. Vodotok sa Slike 4 (Milwaukee) nakon faze naturalne obnove

Primer isključivo funkcionalne regulacije, koja ne vodi računa čak ni o osnovnim urbanim, ekološkim i

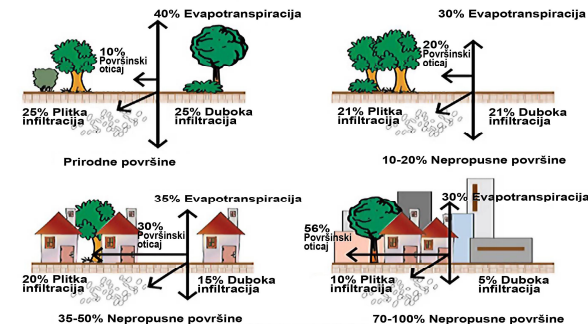
socijalnim načelima – predstavlja regulacija reke Janje u mestu Janja, BiH. Zapaža se rogozovitost kamenih obaloutvrda, koje odbijaju i u vizuelnom, urbanom, ali i u sociološkom smislu. Zapaža se i pravo urbano divljanje oko reke, jer se sa novim gradnjama i parkingom zaposeda pojas vodnog zemljišta, čime se onemogućava bilo kakva kasnija rehabilitacija rečnog koridora i uređenje urbanog tkiva naselja u njegovoj zoni. Kraj takve regulacije – čovek jednostavno nema nikakvog motiva da se zadržava, ali nema ni gde da se zadržava i da hoće, u tako haotično zaposednutom prostoru objektima sve do same obalne linije. Može se zapaziti i da je rešenje u bezbednosnom pogledu potpuno neodrživo, jer obalna linija sa strmim kosinama bez ikakvog osiguranja za ljude i vozila predstavlja opasnost koja stalno vreba i pitanje je samo vremena kada će se nesreća desiti. Velika je šteta što je dato tako loše rešenje i regulacije i uređenja čitavog obalnog pojasa, jer je reka u prirodnom stanju pružala mogućnost da se grad adekvatnom regulacijom na najlepší način urbano oplemeni uređenjem akvatorije u svom središtu.



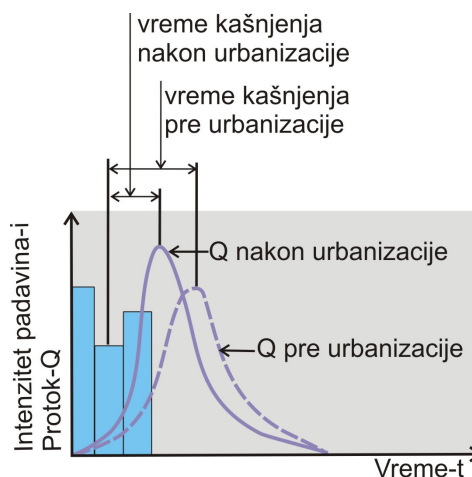
Slika 6. Regulacija reke Janje u mestu Janja, primer čisto funkcionalne, krajnje nehumane regulacije

Takva praksa isključivo funkcionalnih regulacija, koje se oglašavaju o bazne pincipe skladnog urbanog uklapanja reke kao očuvanog ekosistema u urbanu matricu grada - postaje potpuno neodrživa u uslovima razvoja i jednog novog procesa koji je upravo u toku zadnjih decenija, kao posledica antropogenih aktivnosti i globalnih klimatskih promena. Usled delatnosti čoveka narušavaju se hidrološki ciklusi na globalnom, ali i lokalnom nivou, a to je posebno karakteristično na rečnim slivovima u urbanim sredinama. Generalno, urbanizacija rečnih slivova povećava nepropusne

površine, smanjuje zelene i druge površine koje imaju retenciono delovanje, što kao posledicu ima povećanje koeficijenta oticaja, skraćenje vremena koncentracije povodanja i modifikuje režime površinskog i podzemnog oticanja. Te promene komponenti hidrološkog ciklusa šematski su prikazani na Slici 7. Povećanje površinskog oticanja, kao rezultat smanjenja infiltracije i evapotranspiracije, odnosno, povećanja koeficijenta oticanja, dovodi do povećanja hidrograma povodnja i smanjenja vremena koncentracije, tako da je hidrogram povodnja veći po Q_{max} i sa bržim formiranjem i propagacijom, Slika 8. U uslovima značajno suženog korita za veliku vodu, kada je najveći deo nekadašnjeg inundacionog rečnog koridora zaposednut urbanim sadržajima, čak i veoma ranjivim u uslovima plavljenja, uslovi za zaštitu od povodanja u gradovima postaju znatno skuplji, kompleksniji i prostorno zahtevniji, jer se integralne mere kontrole i upravljanja poplavama moraju prenositi na ceo sliv.



Slika 7. Promena komponenti tečenja na površinama sa različitim stepenima urbanizacije



Slika 8. Uticaj urbanizacije na oblik hidrograma povodnja

Osim promena površinskog oticanja i pogoršavanja hidrograma povodnja koga treba bezbedno propustiti kroz grad, drugi dramatičan uticaj urbanizacije na reke kao ekosisteme je pogoršanje kvaliteta vode. Reke su postajale recipijenti otpadnih voda naselja i industrije, ali su veliki zagađivač zbog atmosferskih voda koje pri kišama većih intenziteta ispiraju veoma zaprljane ulice i saobraćajnice u naseljima (zagađenje naftnim derivatima, teškim metalima, čvrstim otpadom, itd.), a zatim se preko kanalizacije za kišne vode ulivaju u reku.

Zabrinjavajući primer dosta nepromišljenih uzurpacija prirodnog rečnog koridora i zaposedanja korita za veliku vodu vrlo osetljivim urbanim sadržajima je reka Vardar u centralnoj gradskoj zoni Skoplja. Nakon velike poplave iz 1962 godine sprovedena je veoma opsežna regulacija urbanog tipa, koja je bila veliki korak napred ne samo u pogledu povećanja pouzdanosti od poplava, već i u pogledu skladnog uklapanja Vardara u urbanu matricu grada.



Slika 9. Reka Vardar nakon regulacije 1975 sa osnovnim koritom i koritom za veliku vodu rešenim na urbano prikladno načim

Osnovno korito je dimenzionisano i stabilizovano pragovima, tako da je uvek bilo estetski prikladno pokriveno vodom po celoj širini, dok je korito za veliku vodu uređeno na način da omogućava da se u periodima kada nema povodanja koristi za šetanje i silazak ljudi do

rubu osnovnog korita. Regulacija je bila vrlo uspešna: (a) funkcionalna, jer je ostvaren stepen zaštite od računskog talasa velike vode 0,3% (povodanj iz 1962), ali je taj stepen zaštite znatno povećan nakon izgradnje akumulacije Kozjak na Treski, kod koje je ostavljena retenziona zapremina od čak $100 \times 10^6 \text{ m}^3$, koja je u stanju da sasvim retenzira deo povodnja koji stiže do tog dela reke Treske¹; (b) u najužem centru grada rešenje je imalo i estetsko-socijalnu dimenziju, jer je regulisan tok omogućavao humaniji kontakt ljudi sa rekam.

Međutim, sada se to nekada vrlo uspešno rešenje, koje je ulepšalo grad Skoplje, novim radovima na urbanizaciji grada radikalno pogoršava u centralnom gradskom jezgru (Slika 10, 11). Ograničen rečni koridor, sa skladno uređenim inundacijama sa dobrom kombinacijom niskog rastinja i visokih stabala koja ne ometaju tečenje u uslovima povodanja - sada se novim objektima transformišu u koridor koga natkriljuju visoka betonska zdanja, koja se na nizu mesta spuštaju i u plavnu zonu regulisanog korita. Intenzivno se urbanizuje i plavna zona, a grade se i novi mostovi, ne retko bez prave potrebe i estetskog uklapanja u vizure rečnog koridora. Neki mostovi su i hidraulički neprikladni (Slika 10), jer su nisko postavljeni, tako da predstavljaju opasnost da na tim mestima dođe do zagušenja u uslovima povodanja. (Poznato je da je nisko lociran pešački most kod parka, sa glavnim nosačima postavljenim u proticajnom profilu za veliku vodu, doveo pri povodnju 1962 godine do zagušenja mostovskog profila i skretanja poplavnog talasa prema gradskom jezgru). Tretirana na tako neprikladno načim reka Vardar, nekadašnji ukras grada, sada postaje sve marginalniji, ali i manje bezbedan segment u urbanoj strukturi Skoplja.

Slično se dešava i sa rekam Otinjom u Štipu. Ta reka je mala, ali je imala veoma lep rečni koridor (Slika 12), koji je omogućavao da se tu razvije glavna osovina ekološki, urbano i socijalno skladnog razvoja grada. Lepo ekološki i urbano uređen taj koridor je mogao da predstavlja ukras Štipa, po kome bi taj grad bio široko prepoznatljiv u svetu.

¹ Postoje sve indikacije da je retenziona zapremina od $100 \times 10^6 \text{ m}^3$ neracionalna, jer se dovoljno ne koristi dragocen korisni deo te akumulacije. Zato bi bilo vrlo umesno da se uradi simulaciono-optimizacioni model upravljanja Sistemom Treska (akumulacije i HE Kozjak, Sveta Petka i Matka), kojim bi se odredila optimalno upravljanje tim sistemom tokom vremena. Takvi modeli (primer: *Đorđević i sar, 2012*) su najisplativiji, najpouzdaniji načim poboljšavanja energetskih i vodoprivrednih učinaka integralnih sistema. Ujedno, dobio bi se model koji bi obezbedio najpouzdanije upravljanje tim sistemom sa stanovišta bezbednosti grada Skoplja.

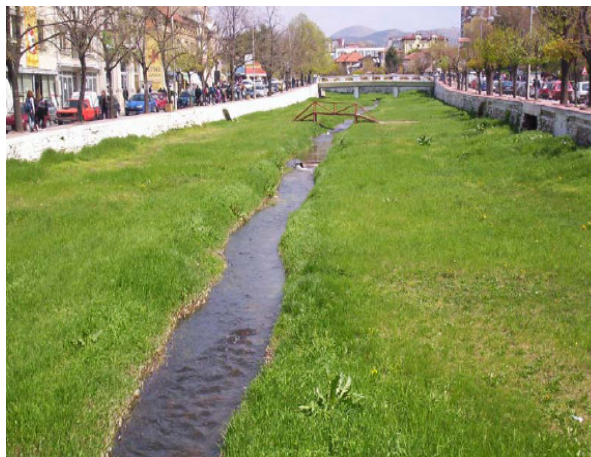


Slika 10. Zatvaranje rečnog koridora u centru Skoplja visokim zgradama koje ulaze u nekadašnje korito za veliku vodu.



Slika 11. Ulazak objektima čak i u osnovno korito Vardara

Nažalost, ta izvanredna šansa nije sagledana, već su ta reka i taj rečni koridor postali prostor nad kojim se sprovodi veliko urbano nasilje parcijalnim pokrivanjem rečnog korita i izgradnjom platforme za parkiralište, Slika 13. Noseće konstrukcije platforme se izvode u osnovnom koritu, što narušava reku kao složeni, dobro harmonizovan i međuzavisan morfološki, hidrografski, hidraulički i ekološki sistem. Kao što će se videti kasnije, to je potpuno u suprotnosti sa savremenim tendencijama u svetu, u kome se sada izvode čak i vrlo skupi radovi da bi se iz rečnog koridora uklonili svi nekada tu natrpani sadržaji (u Seulu je izmešten čak i postojeći autoput), da bi se povratile neophodne ekološke i socijalne funkcije rečnog sistema.



Slika 12. Reka Otinja u Štipu i njen koridor pre urbanog nasrtaja na taj izvanredni prostor



Slika 13. Radikalni radovi u osnovnom koritu Otinje u Štipu kojim je potpuno devastiran taj najdragoceniji prostor grada

Zabrinjava tendencija, koja je sve zastupljenija u zemljama u tranziciji, da se pod pritiskom vlasnika kapitala koji su u interesnoj sprezi sa donosiocima odluka na svim nivoima vlasti, sve češće menjaju urbanistički i regulacioni planovi, da bi se smanjile ili sasvim ukinule i uništile zelene površine zbog izgradnje profitabilnih sadržaja. To dovodi do radikalnog pogoršavanja klimatskih karakteristika i uslova za život u gradovima. Kada se nekadašnji široki rečni koridori, često sa negovanom vegetacijom, značajno suze i pregrade visokim zgradama (to se uvek radi pod parolom 'razvoja'), radikalno se pogoršavaju uslovi strujanja vazduha kroz grad i njegovo provetranje, sa sve težim posledicama po zdravlje ljudi. Ukoliko se ima u vidu i činjenica da se i globalni režimi temperatura vazduha pogoršavaju (videti vrlo aktuelnu naučnu

analizu u članku: *Bonacci, 2012*) - gradovi u kojima se sprovede takva nasilja nad rekama postaju sve manje 'gostoljubivi' i tolerantniji prema svojim žiteljima po svim ekološkim, humanim, sociološkim i urbanim parametrima važnim za život. Moglo bi se čak slikovito reći: u beton okovane reke i pregrađeni rečni koridori kažnjavaju žitelje grada – birače, koji su svojom pasivnošću dopustile vlastima da urbano divljaju nad hidrografskim i ekološkim sistemima. Kažnjavaju pasivne građane astmom i drugim bolestima respiratornih organa, bolestima psihosomatskog porekla koje imaju korene u poremećenoj životnoj sredini, kažnjavaju ih veoma opasnom kaznom socijalnih sredina – otuđenjem ljudi, do koga mora doći kada se unište parkovi i lepo uređeni obalni prostori koji su odvajkada bili najbolja mesta za okupljanja i druženja ljudi, socijalnu harmonizaciju i stvaranje duha zajedništva.

Zato treba sažeto rezimirati u vidu upozorenja: reke (zlo)pamte nasilje koje čovek čini nad njima otimajući im delove inundacija, sužavajući koridore visokim zgradama, pa čak ulazeći i u osnovo korito, pa to kažnjavaju rušilačkom stihijom pri povodnjima. Ali, Priroda ne kažnjava samo povodnjima, već velika kazna sustiže žitelje grada stalno: ostavljeni bez širokog rečnog i zelenog koridora koji provetrava grad i poboljšava klimatske uslove u njemu, onemogućeni da uživaju i druže se na rečnim obalama, građani su kažnjeni - doživotno. A kažnjeni su opravdano jer su svojom poslušnom pasivnošću i mirenjem sa nerazumnim odlukama vlasti, dopustili da takvim nasiljem nad rekom trajno izgube najdragoceniji, životno važan ekološki resurs grada. I to sve zbog pohlepe planera, koji kao da se utrkuju kako da sa zgradama što dublje prodru u rečni koridor, sa manijakalnim polazištem da je "zemljište previše skup kapital da bi ga smeli 'trošiti' za nedovoljno iskorišćenu zelenu površinu". (Citat je zabeleženo 'mudrovanje' jednog važnog prostornog planera u Beogradu, tokom nasrtaja investitora i njegovih korumpiranih trabanata iz vlasti, da gradnjom uzurpiraju sada već i u svetu poznat 'Peti parkić' - koga su građani od bagera bukvalno branili svojim telima).

2. UTICAJI U USLOVIMA PROMENA KLIMATSKIH KARAKTERISTIKA

Na takve nepovoljne antropogene uticaje u gradovima nadovezuju se promene klimatskih karakteristika, kao što su povećanje temperature vazduha, promene insolacije, promene režima padavina i režima oticanja.

Pitanje klimatskih promena spada u ona pitanja za koja još ne postoje egzaktni, jedinstveni stavovi. Međutim, u krugovima pravih naučnika, onih koji nisu pod uticajem dobro organizovanih lobija industrijskih zagađivača, sve više se artikuliše jedinstven zaključak da su klimatski uticaji – neosporni. Naime, više nije sporno da se dešavaju povećanja prosečnih temperatura vazduha i promene režima padavina – posebno povećanje njihove neravnomernosti, i da su to sve jasnije indikacije postojanja globalnih klimatskih promena. Te promene su posledica intenzivnog tehnološkog razvoja, jer i pored Kyoto protokola i ostalih mera za obuzdavanje polucije vazduha - nije zaustavljeno povećavanje emisije GHG gasova, koji efektom staklenika pokreću 'okidač' ciklusa međusobno povezanih nepovoljnih meteoroloških, klimatskih i hidroloških fenomena. Te promene su posebno uočljive u domenu voda, jer se sve očitije iskazuju promene, pre svega na planu pogoršanja raspodele padavine i oticaja i po prostoru i po vremenu. Posebno su nepovoljna pogoršavanja ekstremnih hidroloških fenomena. Zbog preteranog zagrevanja površinskih vodenih masa u pojedinim područjima, posebno u 'toplim morima', povećanog isparavanja, i poremećaja zakonitosti ranije dosta postojanih cirkulacija okeanskih struja – dolazi do pojave znatno ekstremnijih koncentracija vlažnosti vazduha i do formiranja i kretanja vrtložnih turbulentnih vazdušnih masa, koje se očituju pojačanim izlučivanjem padavina veoma velikih intenziteta. Sada se u nizu područja sveta javljaju i padavine intenziteta i preko 200 mm/dan, koje izazivaju znatno veće i rušilačkije povodnje, ali stvaraju i ručeve koji uništavaju čitave urbane četvrti. U takvim okolnostima rečni koridori i korita za velike vode dimenzionisani prema nekadašnjim padavinskim i vodnim režimima, postaju nedovoljno propusni u novonastalim okolnostima. Pošto je na planeti Zemlji - na kopnu, morima i atmosferi - sve međuzavisno i tesno povezano, ekstremni meteorološki i padavinski fenomeni na jednom području pokreće lanac međusobno povezanih procesa koji sinergetskim delovanjem pojačavaju ekstremne fenomene i na mnogo širem području. (Slikovitu ekološku krilaticu '*Udarci sekira u džungli u Bengaliju izazivaju tropsku oluju u Karibima*' - treba tumačiti mnogo dublje i slojevitije od bukvalne jezičke parabole, jer ona ukazuje na povezanost i međuzavisnost svih procesa koji se odigravaju na Zemlji). Ti ekstremni meteorološki i padavinski fenomeni se mogu uopšteno sažeti na sledeći način:

(a) Treba računati da će povodnji istih verovatnoća javljanja na razmatranim vodomernim stanicama biti sve nepovoljniji po svim relevantnim pokazateljima, po

maksimalnom protoku Q_{max} , po zapremini talasa povodnja i po brzini vremena koncentracije vrha povodnja. To rečito pokazuje i najnovija hidrološka analiza velikih voda Dunava kod Novog Sada (Plavšić, 2010), koja analitički potvrđuje da je u međuvremenu, zbog promena režima velikih voda Dunava, grad postao nedovoljno pouzdano zaštićen od poplava.

(b) Male vode će biti sve nepovoljnije, sa sve dužim trajanjem malovođa, pri čemu će se i ekstremni minimumi protoka sve više smanjivati i pogoršavati.

(c) Matematičke simulacije globalnih klimatskih promena i njihovih uticaja na padavine i oticaje ukazuju na opasnost da na ovom području Balkanskog poluostrva može doći do smanjenja padavina za oko 20%. Ukoliko do toga dođe, a sve je izvesnije da su te analize u granicama pouzdanosti, to bi veoma bitno uticalo na sve planske odluke o uređenju i korišćenju prostora. Bio bi neophodan znatno veći broj akumulacija sa godišnjim, pa čak i sa višegodišnjim regulisanjem, kako bi se sve oskudniji i sve neravnomernije raspoređeni vodni resursi izravnali za obezbeđenje potreba za vodom, zaštitu voda i poboljšanje vodnih režima.

Jedan od vrlo važnih aspekata pogoršavanja nekada dosta stabilnih hidroloških procesa razmatra se u radu (Popovska, Sekovski, 2011), u kome se analiziraju uzroci veoma ozbiljnih poremećaja režima nivoa u Prespanskom jezeru, koje su nastale kao rezultat antropogenih aktivnosti (preveliko zahvatanje vode), ali koji biti još ozbiljniji u novim uslovima pogoršanih režima padavina.

3. KAKAV JE STRATEŠKI ODGOVOR NA NEPOVOLJNE KLIMATSKE UTICAJE?

Postavlja se vrlo bitno pitanje: kakav treba da bude strateški odgovor pri urbanom planiranju i uređenju vodotoka u naseljima na takav sve nepovoljniji sled razvoja klimatskih uticaja i hidroloških procesa? Odgovor je sada nedvojbena i vrlo decidan: već sada pri planiranjima razvoja gradova, ali i šire – pri prostornim planiranjima slivova i država - treba apriorno računati sa pogoršenjem sve tri navedene komponente vodnih režima, što podrazumeva poštovanje sledećih planskih principa.

- Ne smeju sa sužavati i zaposedati već postojeći rečni koridori u urbanim strukturama gradova, već se, suprotno od nekih sadašnjih pogrešnih tendencija, oni moraju oslobađati od skupih i bezbednosno delikatnih

sadržaja, tako da se rečni koridori postojano održavaju u stanju u kome povodnji ne mogu izazvati velike štete.

- Na mestima gde je god to moguće treba uzvodno od većih naselja predviđati retenzije za ublažavanje vrhova poplavnih talasa, a te retenzije treba rešavati na najkorisniji produktivan način (plantažne šume, livade, izletišta, itd) (Đorđević, Dašić, 2011a). Na tom pricipu su realizovane retenzije Lonjsko polje i Mokro polje u probalju Save u Hrvatskoj, koje su opremljene ustavama na ulazu u retenziju i izlazu iz nje, da se mogu u periodu povodanja kontrolisano i puniti i prazniti, kako bi se u skladu sa upravljačkim matematičkim modelom ostvarilo najveće ublažavanje poplavnih talasa.

- Regulacije reke treba rešavati u vidu korita složenih preseka, čija geometrija omogućava da se i u periodu malih voda može ostvariti estetska skladna akvatorija, sa vodnim ogledalom po celoj širini minor korita. U Sarajevu je osnovno korito Miljacke stabilizovano pragovima, koji imaju estetsku urbanu namenu, da se vodno ogledalo razvuče po celoj širini korita, ali i da stvori vrtložna turbulizaciju toka na pragovima, koja omogućava aeraciju koja je povoljna sa gledišta kvaliteta vode (Slika 9).



Slika 14. Miljacka u Sarajevu sa pragovima estetske i funkcionalne namene

- Zbog urbano-estetske i socijalne uloge rečnih akvatorija u naseljima, u malovodnim periodima se preduzimaju mere kao što je izrada malih pregrada (vrećastih brana u minor koritu) kojima se u ekstremno malovodnim periodima stabilizuje akvatorija reke na nekom estetski i humano prihvatljivom nivou. To, naravno, podrazumeva potpunu sanitaciju grada, bez otpadnih voda koje dospevaju u tok.

- Sve veći značaj dobijaju višenamenske akumulacije uzvodno od većih naselja, čija je funkcija i poboljšavanje vodnih režima. To znači da u periodu

velikih voda akumulacije u skladu sa raspoloživom retenzionom zapreminom ublažava vrh povodnja, a da u malovodnim periodima namenskim ispuštanjem čiste vode akumulacije vrše jako važnu funkcije 'oplemenjavanja malih voda' na gradskom području. Namensko ispuštanje vode iz akumulacija u cilju obezbeđivanja 'ekološki prihvatljivih protoka' (formulacija iz nekih zakona o vodama u regionu, ili 'environmental flow', kako se sve češće definiše u svetu), izuzetno je važno za održavanje u ekološki neporemećenom stanju rečnih deonica nizvodno od brana. U uslovima gradova taj protok se prilagođava ne samo ekološkim, već i urbanim zahtevima. Metoda **Garantovanog Ekološkog Protoka (GEP)** (Đorđević i Dašić, 2011b), je primerena raspoloživim hidrološkim podlogama, i omogućava da se odrede ekološki protoci u reci koji obezbeđuju vrlo dobar ekološki status, što je posebno važno u slučaju gradova koji se nalaze na rekama sa modifikovanim vodnim režimima. Razvijena je i metodika MABIS (**M**etoda **A**biotičkih i **B**iotičkih parametara i **I**ndeksa **S**aprobnosti) koja omogućava da se na bazi istraživanja ekosistema na merodavnim deonicama odrede protoci koje treba ispuštati kako bi se u neporemećenom ekološkom statusu održavale deonice reka nizvodno od brana i vodozahvata (Knežević i Đorđević, 2012). Pomenute metode GEP i MABIS, korišćene spregnuto, omogućavaju da se pouzdano odrede protoci koje treba ispuštati iz akumulacija, u cilju očuvanja poželjnog ekološkog stanja vodotoka. Metode su upravo iskorišćene na taj spregnut način (metoda GEP definiše kvalitativnu komponentu protoka, a MABIS proverava kvalitativne ekološke faktore), da bi se odredio ekološki prihvatljiv protok na području Trebinja, nazvodno od akumulacije u okviru Sistema hidroelektrana na Trebišnjici.

- Naselja će se sve češće morati da štite od velikih voda aktivnim merama zaštite, primenom akumulacija za ublažavanje vrhova povodanja. U tom cilju se razrađuju simulaciono-optimizacioni modeli, kako bi se optimiziralo upravljanje akumulacijama u cilju ostvarenja najboljih efekata ublažavanja povodanja. Takav namenski razvijen model veoma uspešno funkcioniše u okviru sistema akumulacija HET-a na Trebišnjici (Đorđević i dr., 2012), i omogućava da se optimizacijom upravljanja agregatima hidroelektrana i ustavama i zatvaračima na branama ostvari najbolja zaštita Trebinja od poplava. Takav upravljački model bi trebalo uraditi i za grad Skopje, jer se odgovarajućim upravljanjem čeonom akumulacijom Kozjak na Treski, kao i akumulacijama Sveta Petka i Matka na istoj reci, kao i Mavrovskim hidroelektranama - mogu

poboljšavati efekti zaštite Skopja u uslovima geneze povodanja na slivovima Vardara, Treske i Lepenca. Razvijene su matematičke metode analiza koincidencija povodanja u složenim hidrografskim sistemima (jedna od metoda: Prohaska, 2010), koje omogućavaju da se geneza velikih voda sagledava kroz koincidencije formiranja povodanja na ključnim vodotocima sliva. Savremene mogućnosti modeliranja povodanja i analize njihovih uticaja na dolinske zone prikazane su i u radu (Kalajdžisalihović, Bubović, 2011) na primeru povodanja na reci Neretvi, koji sve ozbiljnije ugrožavaju tu dolinu, koja je podvrgnuta dosta nepovoljnim i nekontrolisanim procesima urbanizacije.

- Direktiva EU o proceni i upravljanju rizicima od poplava (*Directive 2007/60/EC of the European parliament on the assessment and management of flood risks*) ima obavezujući značaj, ali je posebno važna da se striktno sprovede na rekama u zoni naselja (Kolarov i dr, 2010). Tu Direktivu ne treba shvatiti kao 'ad hoc' akciju, već se takve analize na širim potezima reka (naselja i merodavni delovi tokova uzvodno i nizvodno) moraju reambulirati, jer se tu najčešće menjaju morfologija korita i zauzeće koridora. Razvijena je posebna metodika analiza rizika (Bonacci, 2008) koja postaje sve važnija metodika u donošenju ne samo vodoprivrednih, već i urbanističkih odluka, kada se radi o izmenama planova kojima se obavlja dodatno zauzeće inundacionih površina i rečnih koridora. U slučaju urbanizacije većih naselja u zoni ušća većih reka mogu se uspešno koristiti matematički modeli ušća (jedan od uspešnih modela primenjenih za ušće Save u Dunav prikazan je u radu: Đorđević, D, 2011).

- Imajući u vidu sve izvesnija predviđanja da ovom delu Balkana predstoji i relevantno smanjivanje prosečnih godišnjih padavina (u više modela dolazi se do sličnih rezultata, da se može očekivati smanjenje u granicama od oko 20%), postaje jako važno da se prostornim planovima očuvaju sve potencijalne lokacije na kojima se mogu realizovati akumulacije. Neosporno je da će biti potreban veći broj akumulacija od onih sa kojima se do sada računalo, a posebno na značaju dobijaju akumulacije sa godišnjim i višegodišnjim regulisanjem. Takvih lokacija ima vrlo malo, te se moraju prostornim planovima zaštititi za tu namenu.

4. REKONSTUKCIJE REKA SA POZICIJE EKOLOŠKI ODRŽIVOG RAZVOJA

Destruktivan odnos prema životnoj sredini, posebno prema vodenim ekosistemima u procesu urbanizacije

naselja, postao je neodrživ. U najrazvijenijim zemljama, koje su često plaćale vrlo skupu 'ekološku cenu' takvog destruktivnog modela razvoja, kao nužna mera opstanka artikulirana je paradigma o ekološki održivom ekonomskom rastu (Green Growth), bez narušavanja životne sredine. Na osnovu tog pristupa kreirana je takva razvojna politika koja će se zasnivati na povezanosti i sinergizmu ekonomskog razvoja i očuvanja životne sredine. Taj bazni postulat je najbolje formulisan u jednom od najznačajnijih strateških dokumenata ikada urađenih u svetu - *The Report of the World Commission on Environment and Development (1987)*², u kome su zaštita životne sredine i razvoj, ali razvoj kontrolisan sa stanovišta održivosti, dovedeni u najtešnju vezu. Ako bi se samo u jednoj rečenica iskazala osnovna nit tog dokumenta, ona bi glasila: *Ekonomski i ekološki ciljevi su međuzavisni*³.

Paradigma o održivom razvoju, koju ponekad slikovito zovu 'zelenom ekonomijom' predstavlja najbolji, jedini pravi odgovor organizovanog društva na izazove i rizike koje nastupaju usled klimatskih promena. U suštinskom smislu, zelena ekonomija investira u zaštitu ekoloških resursa – vode, vazduha, prostora za življenje, biološke raznovrsnosti - kao ključnih pokazatelja preduslova za dalji bezbedan opstanak i razvoj civilizacije. To je dobro sistematizovano u monografiji (*Bonacci, 2003*) u kojoj su, sa gledišta problema koji se ovde razmatra - obnove reka i rečnih koridora, ključni sledeći kriterijumi održivosti: (1) Očuvanje biološke raznovrsnosti. (2) Održavanje produktivnih sposobnosti ekosistema. (3) Podržavanje zdravlja i životne snage ekosistema. (4) Očuvanje i podržavanje resursa tla i vode. (5) Podržavanje doprinosa vegetacije, posebno šuma, globalnom ciklusu ugljenika i kiseonika.

Sve one neodgovorne planere koji se opasno poigravaju sa rečnim sistemima u gradovima, vršeći nasilje na njima u ime navodnog 'razvoja', treba najsažetije podsetiti na inventivne zakone nedavno preminulog Barry Commonera (*Four Laws of Ecology, 1971*): 1. Sve je međusobno povezano, 2. Sve mora da se nekuda kreće, 3. Priroda to zna najbolje, 4. Ne postoji besplatan

ručak. Ovaj zadnji, najčešće citiran zakon, u svojoj široj interpretaciji od strane samog autora, ima vrlo važan dodatak: Eksploatacija prirode dovodi neminovno do pretvaranja resursa koji se nalaze u korisnom obliku u beskorisni oblik.

Upravo zbog grabljivog nasrtaja pohlepnih planera i investitora na vodno zemljište i rečne koridore, koji su izuzetno dragocen ekološki resurs, još uvek pasivne građane treba podsetiti da će taj 'ručak' veoma skupo platiti oni sami, a još skuplje – njihova deca i unuci.

Ohrabrenje: ipak se kreće! Uviđajući ne samo ekološku, već i sociološku, ekonomsku, pa i političku neodrživost situacije u kojoj su se našli mnogi gradovi, u kojima je kvalitet života postao jako loš i pored nespornog ekonomskog razvoja, počeo je organizovaniji pristup promeni razvojne strategije u skladu sa paradigmatom o održivom razvoju. Time su počela da se bave mnoga međunarodna tela, kao što su Program za razvoj Svetske banke (WB), Program za razvoj UN (UNDP), Globalni fond za životnu sredinu (GEF), Program Evropske komisije za životnu sredinu (LIFE) i druge organizacije, kroz finansiranje i podršku projekata rekonstrukcije rečnih tokova i slivova. To je u skladu i sa Evropskom direktivom o vodama, čije je osnovno polazište integralno upravljanje vodama, jer su projekti rekonstrukcije i uređenja vodotoka i slivova u naseljima sastavni deo integralnih projekata.

Pristupi i bazni principi obnove rečnih sistema. Najpre treba napraviti jasnu distinkciju između u hidrotehnici često korišćenih termina: *restauracija, rehabilitacija i remedijacija* (*Popovska, 2010a*). Raznim antropogenim aktivnostima rečni sistemi dožive *degradaciju* (često i zbog neumešno i neuko izvedenih regulacija), pa ih treba ekološki obnavljati i spasavati. Proces *restauracije* je najzahtevniji i podrazumeva vraćanje reke u prvobitno ekološko stanje, po svim relevantnim ekološkim parametrima (režim tečenja, substrat dna, autohtoni akvatični i priobalni ekosistemi, ambijentalni uslovi). Pošto u nizu slučajeva taj zadatak nije realan, pribegava se - *rehabilitaciji*.

¹ Taj dokument navedene komisije UN poznatiji je pod naslovom "*Our Common Future*", pod kojim je objavljen kao finalni rezultat rada Komisije.

² Ecological and economic concerns are interdependent. Therefore environment and economic must be integrated from the start in decision making not just to protect the environment but to promote long-term economic and social development. ('Our Common Future - Sustainable Development', 1987)

Rehabilitacija je najčešće realna i ostvarljiva aktivnost i obuhvata radove i mere kojima se značajno poboljšavaju ekološki uslovi u reci i približavaju je nekadašnjim ravnotežnim ekološkim stanjima. To jeste veoma kompleksna, dugotrajna i skupa aktivnost, ali se sve češće ona tretira kao neizbežna, da bi grad izbegao ekološko, socijalno, pa i političko urušavanje. Međutim, već izvedeni radovi na rehabilitaciji u nizu metropola sveta pokazuju da takvi radovi imaju i ekonomsko-razvojni značaj, dok su sociološki i politički značaj nesumnjivi. Ukoliko su nivo degradacije rečnog ekosistema i nametnuta ograničenja tako veliki da nije ostvarljiva ni rehabilitacija sistema, treba pristupiti **remedijaciji**. **Remedijacija** podrazumeva takvo poboljšavanje ekoloških uslova da se rečni sistem prevodi u neki nov ekosistem, u nekom drugom prostoru ekoloških stanja, ali sa znatno boljim statusom nego što je bio antropogeno degradiran rečni sistem. Proces remedijacije vrlo često treba obaviti na rekama koje su u urbanim uslovima, kada neku radikalno kanalisanu i ekološki uništenu i mrtvu reku treba ponovo učiniti za ljude privlačnom akvatorijom, koja ulepšava grad i ambijentalno ga obogaćuje, ali sa nekim drugim ekološkim stanjima u odnosu na prvobitna.

Postavlja se bitno pitanje: mogu li se praktično mrtve gradske reke vratiti i život merama rehabilitacije ili remedijacije. Odgovor je decidan: mogu, ukoliko se postavi takav cilj i izdvoje potrebna sredstva, i to će se pokazati na više primera izuzetno složenih mera obnove reka kao ekološki živih ekosistema.



Slika 15. Koridor reke u Seulu (*Cheonggyecheon River, Seoul*) u kulminaciji njegove ekološke destrukcije

Jedan od najsloženijih veoma uspešnih projekata je rimedijacija reke *Cheonggyecheon River* u Seulu. Južna Koreja je platila veliku ekološku i socijalnu cenu svom brzom ekonomskom razvoju. Ta cena se najbolje uočava upravo po načinu urbanizacije u domenu tog rečnog koridora u Seulu. Najpre je reka praktično na celoj dužini kroz grad pretvorena u otvoren betonski kolektor. Kada je reka tako najpre ekološki 'ubijena', degradacija okruženja je nastavljena pretvaranjem reke u zatvoren kolektor, preko koga je sagrađena ulica. Međutim, apetiti urbanista da što više sadržaja uguraju u rečni koridor su uvek veliki, pa je kao sledeća faza preko ulice urađen i autoput (!) smešten nad ulicom u vidu nadvožnjaka (Slika 15). Priroda je odmah pokrenula svoju 'kaznenu ekspediciju' protiv žitelja koji su to nasilje vlasti nad rekam do tada strpljivo i trpljivo dopuštali. Povećane su temperature vazduha, dramatično zagađenje vazduha je mnogostruko prevazilazilo sve dopuštene granice, zagađenje bukom je postalo mora građana u zoni koridora. Stepem svih vidova zagađenja duž čitavog tako uništenog rečnog koridora postao je alarmantan, a ni kolektor u koju je strpana reka nije mogao da primi povodnje, tako da su ulice često plavljene. Međutim, radikalno je narušena i sociološka i politička 'strpljivost i trpljivost' obično disciplinovanih Korejaca, te su državne i gradske vlasti suočene sa sve većim nezadovoljstvom odlučile da izvrše radikalnu rimedijaciju reke i čitavog rečnog koridora. To je izvedeno u periodu 1998-2005, a efekat je – spaktakularan i ohrabrujući (Slika 16). Autoput i ulica su dislocirani obilaznicama, u kolektor zatvorena 'ubijena' reka je otkrivena, kanalizacioni kolektori su



Slika 16. Koridor Gradske reke (*Cheonggyecheon River, Seoul*) nakon obnove (rehabilitacije) rečnog koridora (uporediti slike 15 i 16, isti deo reke, snimljene sa iste tačke)

zahvatili i odveli sve otpadne vode prema PPOV, tako da su stvoreni svi potrebni preduslovi za korenitu obnovu - remedijaciju čitavog rečnog koridora. Reka je regulisana po principima prirodne regulacije, sa obnovom sastava i substrata korita, sa pragovima od krupnog kamena, sa zasadima zelenila, pešačkim stazama. Na slikama 17 i 18 su prikazani su i drugi delovi obnovljenog koridora, koji pokazuju da je tu stvoreno mesto – za ljude.



Slika 17. Obnovljene deonice rečnog koridora u Seulu



Slika 18. Obnovljene deonice rečnog koridora u Seulu

Posle tih radova čitav rečni koridor je ekološki oživeo, ali je oživeo i socijalno, tako da je remedijacija potpuno uspeła. Može se čak reći da je ostvaren i viši nivo

obnove, da je koridor doživeo punu ekološku - rehabilitaciju. Visoke temperatura vazduha u Seulu su snižene za 5-6°C kao rezultat smanjenog saobraćaja, ali i znatno povoljnijeg provetrevanja čitavog rečnog koridora, kao i pozitivnog efekata zelenih površina. I jedan ne mali, pragmatičan ekonomsko-razvojni cilj: život je vraćen u taj dugački rečni koridor, pa su uložena sredstva počela da se vraćaju i od turizma i u vidu poreza, jer je naglo porasla vrednost svih nekretnina u čitavoj široj zoni tako obnovljenog rečnog koridora. Projekat je koštao 366 miliona USD, ali su ekološki, socijalni i politički boljitci bili tako veliki da je država odlučila da izdvoji čitavih 19 milijardi USD da bi obavila slične radove obnove reka u nizu naselja.

Treba spomenuti i veoma uspešnu rehabilitaciju reke Kalang u Singapuru. U tom gradu je nekada bila na snazi floskula 'o skupom zemljištu, i razvoju koji zahteva žrtve', pa je reka Kalang platila skupu cenu takvoj kratkovidoj, ekološki pogubnoj razvojnoj politici. Bila je betonirana i pretvorena u otvoren kolektor, bez bilo kakvih atributa ekosistema (Slika 19). Takva regulacija je i urađena da bi se pripremlilo za građenje okolno zemljište. Međutim, i tu je na scenu stupila probuđena građanska svest, koja se artikulirala u pritisak da se taj ceo kraj ponovo vrati građanima kao preuređena, rehabilitovana površina. Treba da se zamisle urbanisti Skoplja, Štipa, Beograda, Bitolja i drugih gradova: to je urađeno u Singapuru u kome su cene građevinskog zemljišta zaista najveće na svetu, u kome zbog jasnih prostornih razloga veoma ograničen prostor za razvoj. Rezultat rehabilitacije se vidi na Slici 20. Reka je vraćena u svoj prirodni tok (zapazite vijugavo vođenje trase, o čemu će biti više reči kasnije) i uređen je park na mestu koje je bilo predviđeno za gradnju. Ekološki boljitak je više nego očigledan, ali je, kažu, veoma veliki i socijalni, ekonomski i politički značaj te obnove reke. I ovde grad nije bio finansijski na gubitku, jer obnova vodotoka ima mnogostruke dobite upravo za grad: sve nekretnine u široj zoni postale su znatno skuplje i poreski znatno 'rentabilnije' za grad, turisti, ali i investitori hrle u gradove koji su i ekološki uređeni, a da ne govorimo o socijalnoj i političkoj stabilnosti, koji su najuzorniji upravo u Singapuru. Uporedimo taj zdrav rezon sa dešavanjima i rezonom na ovim balkanskim prostorima. Zamislimo: kakva bi bila navala i jagma građevinskih tajkuna na taj prostor, i ko bi im u tome sve pomagao od najviših gradskih pa i državnih vlasti da strpaju svoje glomazne građevine u taj prostor koji je bio 'otet' ne samo od reke, već od građana.



Slika 19. Reka Kalling u Singapuru pre obnove



Slika 20. Deo obnovljene Kalling reke u Singapuru, gradu sa najskupljim zemljištem na svetu

Veoma uspele rehabilitacije su urađene i u nizu drugih gradova, ali ćemo pomenuti još reku *Los Angeles River* u Los Anđelesu. Nekada urbanizacijom potpuno uništena reka, koja je bila pretvorena u otvoreni kolektor, rehabilitovana je namenski, da omogući da se na njenim obalama realizuju razni rekreacioni, sportski i drugi sadržaji koji će privlačiti stanovnike i turiste, da se tu zadržavaju u raznim aktivnostima. Zbog toga je primenjen pristup sa terasastim obalama u vidu proširenih laguna, sa sportskim terenima u priobalju (Slike 21 i 22). Obnova te reke je dala pune ekološke, ali i sociološke efekte, jer je dobijeno područje kojeg građani i turisti rado koriste za odmor, sportsku rekreaciju i druženje.

5. OPŠTA POLAZIŠTA ZA OBNOVU DEGRADIRANIH REKA

Svaka reka čija se obnova obavlja iz stanja degradiranosti u neko ekološki i urbano primerno

uređeno stanje - ima svoje specifičnosti. Međutim, analizom uspešnosti tehničkih rešenja na obnovi rečnih vodotoka mogu se izvući neka korisna uopštavanja, kao početni pristup rehabilitaciji.



Slika 21. Los Anheles River nakon rehanilitacije



Slika 22. Los Anheles River nakon rehabilitacije

- **Povećanje biološke raznovrsnosti.** Bazono polazište svih radova je da se izborom trase, morfoloških elemenata i izborom bioloških intervencija – maksimalno poveća biološka raznovrsnost čitavog rečnog koridora i rehabilitovane reke. Poznata je zakonitost da samo velika biološka raznovrsnost dovodi do stabilizacije ekosistema na nekom poželjno visokom platou sukcesija (Đorđević, 1990 i Djordjević, 1993).

- **Vodenje trase.** Iz prethodnog stava sledi i stav da je, po mogućnosti, potrebno trasu voditi što približnije koritu koje je reka imala pre radova koji su doveli do njene ekološke degradacije. Treba zadržavati elemente trase i korita koji su uvek poželjni i u estetskom i u ekološkom smislu. Treba zadržati, gde god je to moguće, starače koje su veoma povoljne za opstanak i

razvoj biocenoza stajaćih voda, rečne rukavce, brzake koje treba stabilizovati isključivo prirodnim materijalima (krupnim kamanjem), itd.

● **Stabilizacija morfoloških formi korita.** Projektant obnove reke, ukoliko želi i ume da 'čita' šta mu reka poručuje morfološkim formama korita koje je sama sebi izgradila na nekada stabilizovanim deonicama - ima dragoceno polazište: treba samo da što doslednije poštuje ono što mu reka poručuje – kakvu morfologiju korita ona želi! Morfološka analiza nekadašnjih stabilnih deonica reke, kojom se u vezu dovode radijusi krivina sa ostalim elementima geometrije korita, od neprocenjive je važnosti za sve projektne odluke. Tu toliko jednostavnu činjenicu da reka jasno iskazuje koje morfološke forme i parametre želi i šta prihvata, planeri često ignorišu, pa reci pokušavaju da nametnu geometriju korita koju ona ne prihvata. Takvu nerazboritost pa i osionost planera reka će skupo naplatiti - bilo nekontrolisanom regresivnom erozijom i destabilizacijom korita, bilo formiranjem sprudova, kojima reka iznova jasno iskazuje kakve morfološke forme ona smatra prikladnim⁴.

● **Višenamensko korišćenje rečnog koridora.** Pod rečnim koridorom se podrazumeva čitava priobalna traka dolinskog prostora koja se može naći pod vodom u uslovima katastrofalnih povodanja. Uslovi za građenje u njoj su strogo ograničeni samo na one sadržaje koji ne mogu da pretrpe veće gubitke u uslovima plavljenja. Međutim, taj dolinski prostor je dragocen za smeštaj niza drugih veoma važnih sadržaja: parkovskih površina, promenadnih staza duž reke, sportskih terena za rekreaciju ljudi kraj rečnih obala. Obavezan je i servisni put koji treba da bude skladno uklopljen u koridor, a koji treba odgovarajućim preprekama (strogo kontrolisan ulaz) da bude pristupačan samo za službena vozila održavanja. Pri izboru vegetacije za parkovske površine u rečnom koridoru treba voditi računa da to budu samo visoka stabla ili travnate i cvetne aleje, jer visoko žbunasto rastinje i drugi slični sadržaji nisu pogodni zbog ometanja tečenja pri povodanju i mogućnosti da budu 'inicijalna kapisla' stvaranja zagušenja u koritu pri povodnjima.

● **Uklapanje neophodnih hidrotehničkih saržaja u urbano okruženje.** Ne retko se neki neophodni zaštitni objekti, pre svega – zaštitni nasipi, dosta neskladno uklapaju u urbanu matricu, jer svojim često visokim kosinama i zaklanjanjem vizura rogovatno narušavaju vezu grada sa akvatorijom. Međutim, zaštitni objekti se mogu vrlo skladno uklopiti čak i u najuže gradsko jazgro. Odličan primer je najatraktivniji deo Šangaja, Bund, obalni deo duž reke Huang-pu. Nasip je visok, ali on je na bezbedno visokoj zaštitnoj koti jako proširen i urbano uređen, tako da je pretvoren u najatraktivnije šetalište Šangaja (oznaka atraktivnosti AAA u svim turističkim vodičima). Međutim, posebno treba ukazati na izvanredno rešenje kosine nasipa sa urbano najvažnije branjene strane. Te unutrašnje kosine nasipa na branjenoj strani su u većini gradova sveta dosta neugledne, eventualno samo dobro pokošene, ali deluju kao 'strano telo' u urbanom miljeu grada. Međutim, u Šangaju, na Bundu, ta kosina je rešena na najlepši mogući način: na kosini nasipa na strani prema gradu u betonskoj oblozi su napravljeni ležaji za saksije sa cvećem. Desetine hiljada saksija skladno ukomponovanih boja su poređane jedna do druge, gradeći prelep raznobojni cvetni tepeh, koji oplemenjuje taj urbani prostor. Kako se menja sezona, menjaju se i saksije, tako da se dobija izuzetno atraktivan estetski urbani sadržaj praktično preko cele godine (Slika 23).

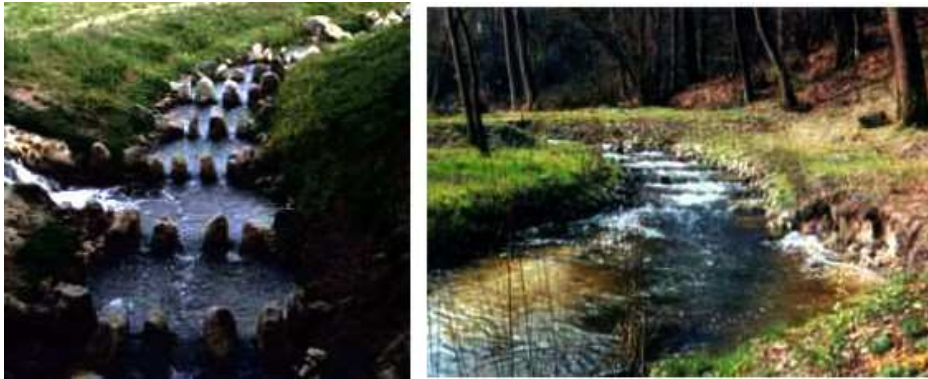


Slika 23. Uređena kosina nasipa duž reke Huang-pu na Bundu u Šangaju, cvetni aranžman u prvom planu

⁴ Pri izradi projekta regulacije Vardara krajem 60-tih godina, autor B.Đorđević se zalagao da se minor korito na jednoj kraćoj deonici uzvodno od kamenog mosta Cara Dušana ne proširuje, da bi se, po mišljenju projektanta urbaniste, navodno bolje uklopilo u postojeće lučne otvore mosta. Ispostavilo se da je reka kasnije sprudom koji je formirala uzvodno od mosta, duž leve obale, tačno povukla konturu koju ona želi, baš po onoj liniji koju je B.Đ. uzaludno zastupao i dokazivao. Još jedan dokaz da su reke vrlo probirljive gospe, koje ne prihvataju svaku 'konfekcijsku odoru' koju pokušavaju da im nametnu projektanti koji se nisu potrudili da im shvate ćud.

● **Stvaranje uslova za migraciju ihtiofaune.** Pošto obnova i rehabilitacija reka često zahteva manje usporne objekte i pragove od prirodnog materijala (najčešće krupnog kamena), neophodno je da se posebnim objektima obezbedi kontinuitet toka koji će omogućiti nesmetanu migraciju riba. Bazni principi te vrlo važne aktivnosti sistematizovano su prikazani u članku (Jovanović, 2011), sa priloženom analitikom koja omogućava hidrauličke proračune takvih objekata. Ti objekti za nesmetan prolaz ribe se realizuju najčešće na dva načina. Prvo, dosta često rešenje je da se realizuje neposredno uz objekat u vidu riblje staze (ili rampe), rešene od prirodnog kamena, tako da potpuno ima sve

hidrauličke i ekološke odlike prirodnih brzaka. Drugi način je izrada obilaznog kanala oko prepreke u toku, koji se realizuje u vidu toka što prirodnijih karakteristika, sa pragovima od kamena koji stvaraju brzake čije brzine ribe dominantnih vrsta mogu bez teškoća da savladaju u periodu uzvodne migracije (Slika 24). Sa jačenjem ekološke svesti mi ubrzano ulazimo u period kada se više neće moći da realizuju klasične regulacije koje reke pretvaraju u otvorene kolektore, tako da se hidrotehnički planeri moraju osposobljavati da prihvate koncepciju prirodne regulacije, i da uz hidrotehničke objekte predviđaju i objekte za prolaz riba.



Slika 24. Primeri zaobilaznih kanala na rekama Varel Beke i Šteber u Nemačkoj (Jovanović, 2011)

● **Biološko uređivanje obnovljenih zona rečnih koridora.** Biološko uređivanje obnovljenih koridora temelji se na važnom ekološkom pravilu: *sa povećanjem biološke raznovrsnosti povećava se stabilnost ekosistema*. Zato je neophodna analiza geneze razvoja fitocenoza na području koje se obnavlja. Uređenje je prava prilika da se u taj prostor vrate autohtone vrste koje možemo da svrstamo u tzv. potencijalnu vegetaciju (Janković, 1987) – vegetaciju koja bi se tu razvijala da se čovek svojim aktivnostima nije mešao u sukcesije. Prioritet ima vraćanje osnovnih (dominantnih vrsta), onih koje se često nazivaju i konstantama biocenoza. Veoma je poželjno da se dolinski koridor uređuje u vidu pojaseva, pri čemu su posebno bitni fitosanacioni pojasevi priobalja, koji čine autohtone vrste visoke vegetacije, zatim, fitosanacioni biofiltri, koji čine razne vrste emerznih (uspravljenih) i flotantnih vodenih biljaka (jako pogodnih kao vegetacija

mirnih voda starača), kao i fitosanaciona osiguranja obala. Ipak, svaki poduhvat obnove ekosistema zahteva dobre istražne radove, kako bi se postigao što stabilniji dolinski i vodeni ekosistem.

● **Sačuvati ekološki raritetne vodotoke u neporemećenom stanju.** Zaštita raritetnih, ekološki jedinstvenih i neporemećenih vodotoka postala je apsolutni prioritet u svim zemljama EU, ali i zemljama koje su u fazama pristupanja. Ona je čak i formalizovana sporazumima (npr. NATURA 2000⁵) kojima su se zemlje obavezale da sve aktivnosti razvoja usklade sa ciljevima zaštite životne sredine. To se može ostvariti, ali podrazumeva suptilnije planiranje, zasnovano na modeliranju procesa u sistemu pre i nakon realizacije sistema, kako bi se svaka odluka o projektu proverila pre usvajanja konačnog projektnog rešenja.

⁵ NATURA 2000 je projekat EU koji je nastao iz Direktive o staništima iz 1992. Čini ga mreža područja za zaštitu prirode i očuvanje biodiverziteta, čiji je smisao ne da zaustavi razvoj raznim zabranama i ograničenjima na određenim područjima, već da ljudske aktivnosti uskladi sa ciljevima zaštite prirode. To je u skladu i sa više baznih dokumenata međunarodnih tela (npr. *World Commission on Environment and Development* u poznatom završnom dokumentu "*Naša zajednička budućnost*" - *Our Common Future*, 1987) koji polaze od toga da se ciljevi razvoja i zaštite životne sredine mogu i moraju uskladiti adekvatnim planskim merama i tehničkim rešenjima pri izradi i realizaciji razvojnih projekata.

Karakterističan je primer kada se u nekim okolnostima, posebno u karstnim uslovima, preduzimaju i regulacione mere da bi se sprečili gubici vode poniranjem kroz karstne formacije. Takav je slučaj i sa rekom Bunicom, na potezu kroz grad Stolac. Zbog velikih gubitaka vode planiraju se regulacioni radovi koji treba da obezbede nepropustljivost dna i obezbede dovoljnu protočnost i u malovodnim uslovima (Milanović i dr., 2012). U takvim slučajevima se postavlja bazni postulat da regulacioni radovi ne smeju da naruše raritetne ekološke forme reka i biodiverziteta, što se sasvim jasno zaključuje iz prikaza reke Bunice u ekološki najpoželjnijem stanju (Slika 25). Matematički modeli su pokazali da se ne samo da ne narušavaju hidrološki i ekološki uslovi na nizvodnom delu toka na potezu kroz Stolac, već da se oni mogu i poboljšati, namenskim upravljanjem uzvodnim akumulacijama kojima se male vode povećavaju u periodima malovođa. To je najnoviji i najdelotvorniji pristup u očuvanju životne sredine: namenski treba upravljati drugim sistemima, pre svega regulisanjem protoka u koritima reka, da bi se ostvarila najbogatija, stabilna biološka raznovrsnost vodenih i priobalnih biocenoza.



Slika 25. Reka Bregava u Stocu u ekološki najpoželjnijem stanju (Milanović i dr., 2012)

ZAKLJUČAK

Analize dešavanja u svetu na planu obnove rečnih sistema i dolinskih kordora u zoni naselja su veoma ohrabrujuće. Pokazalo se da se mogu vrlo uspešno sprovesti mere rehabilitacije i remidijacije reka i rečnih koridora, kojima se ostvaruje njihov vrlo dobar ekološki status, a ekosistemi se stabilizuju na nivou kvaliteta koji je primeren najvišem kvalitetu života u urbanim sredinama. Mere restauracije i vraćanja reka u nekadašnja ekološka stanja su mnogo zahtevnije, ali su moguće.

Novu dimenziju i sve veću urgentnost tim aktivnostima daju sve relevantnije i primetnije globalne klimatske promene, koje se nepovoljno odražavaju na vodne režime. U uslovima kada se pogoršavaju vodni režimi, tako da povodnji postaju sa sve većim vrhom talasa, sve rušilačkiji i nagliji, a malovodni periodi su sa sve dužim trajanjem i sa sve nižim minimumima, rehabilitacija reka i rečnih koridora postaje jedna od veoma važnih, često nezamenljivih mera za socijalnu, ekološku i urbanu obnovu gradova. U članku su prikazana bazna polazišta za revitalizaciju vodotoka, ali su vrlo bitni i prikazani primeri još uvek prisutne loše prakse u nizu gradova na ovom području, kako bi se izvucla iskustva za dalja urbanistička planiranja.

LITERATURA

- [1] Bonacci,O. (2003): Ekohidrologija vodnih resursa i otvorenih vodotoka, Građevinski fakultet u Splitu, ISBN 953-6116-27-8
- [2] Bonacci,O. (2008): Upravljenje rizicima u vodoprivredi, Vodoprivreda, N^o 234-236, s.167-174
- [3] Bonacci,O. (2012): Increase of mean annual surface air temperature in the western Balkans during last 30 years, Vodoprivreda, N^o 255-257, s.75-90
- [4] Djordjević,B. (1993): Cybernetics in Water Resources Management, WRP, CO, USA
- [5] Đorđević,B. (1990): Vodoprivredni sistemi, Naučna knjiga, Beograd, ISBN 86-23-41056-4
- [6] Đorđević,B. (2008): Realizacija razvoja vodoprivredne infrastrukture u skladu sa strategijom iz Prostornog plana Srbije, Vodoprivreda, N^o 234-236, s.215-226
- [7] Đorđević,B i T.Dašić (2011a): Water storage reservoirs and their rol in the development, utilization and protection of catchment, Spatium, N^o 24, s.9-16
- [8] Đorđević,B. i T.Dašić (2011b): Određivanje potrebnih protoka nizvodno od brana i rečnih vodozahvata, Vodoprivreda, N^o 252-254, 2011, s.151-164
- [9] Đorđević,B.,T.Dašić i N.Sudar (2012): Povećanje efikasnosti upravljanja akumulacijama u periodu odbrane od poplava, Vodoprivreda, N^o 255-257, s.43-58
- [10] Đorđević Dejana (2011): Pregled i ocena analitičkih modela ušća, Vodoprivreda, N^o 252-254, s.117-126

- [11] Janković, M. (1987): Fitoekologija, Naučna knjiga, Beograd <http://www.undp.org.mk/content/Publications/RIVER-web.pdf>
- [12] Jovanović, M. (2011): Riblje staze u sklopu 'naturalnog' uređenja malih vodotoka, Vodoprivreda, N^o 252-254, s.217-226
- [13] Kalajdžisalihović, H. i A. Bubović (2011): Numerički model poplavnog vala na rijeci Neretvi, Vodoprivreda, 252-254, s. 189-196
- [14] Knežević, B. i B. Đorđević (2012): Metoda "MABIS" kao podrška odlučivanju pri izboru ekološki prihvatljivih protoka, časopis Vodoprivreda, N^o 255-257, s. 25-41
- [15] Kolarov, V. i M. Babić Mladenović (2010): Podaci za izradu Preliminarne procene rizika od poplava, Vodoprivreda, N^o 243-245, s.79-86
- [16] Mayer N., 2012. The Cheonggyecheon River Restoration Project, Seoul, South Korea. <http://sustainabilitywriter.wordpress.com/2012/07/04/the-cheonggyecheon-river-restoration-project-seoul-south-korea/>
- [17] Milanović, P., et al. (2012): Uticaj delimičnog prevođenja voda iz slivova Bune i Bregave u sliv Trebišnjice, Vodoprivreda, N^o 255-257, s. 3-24
- [18] Plavšić, J. i R. Milutinović (2010): O računskim nivoima vode za zaštitu od poplava na Dunavu kod Novog Sada, Vodoprivreda, N^o 243-245, s.69-78
- [19] Popovska, C. (2010a): Прирачник за реставрација на реки, монографија, Скопје, UNDP, s.234
- [20] Поповска Ц., С.Крстић.(2010b): Прирачник за реставрација на реки.
- [21] Popovska, C. i D. Sekovski (2011); Hydrological sub-watersheds analysis of Prespa Lake, Vodoprivreda, N^o 249-251, s.3-12
- [22] Popovska C., (2011). Poplavite - Pričini, posledici i zaštita, Spisanie na Komorata na ovlasteni arhitekti i ovlasteni inženeri na Makedonija PRESING, br. 1, str. 53-57, Skopje, Makedonija
- [23] Prohaska, S. (2010): Nova metoda za definisanje višestruke koincidencije poplavnih talasa sa složenim rečnim sistemima, Vodoprivreda, N^o 246-2248, s.125-136
- [24] Riley A. L. (1998): Restoring Stream in Cities - A Guide for Planners, Policymakers, and Citizens. <http://www.landstewardship.org/resources/resource/404/>
- [25] Ristić, R. et al. (2008): Zaštita 'plavo-zelenih koridora' na visokourbanizovanim područjima, Vodoprivreda, N^o 231-235, s.81-88
- [26] Schueler T., K. Brown (2004): Urban Stream Repair Practices. http://ns1.cwp.org/documents/doc_details/12-manual-4-urban-stream-repair-practices-.html?tmpl=component
- [27] Wittfogel, K. (1976): A Study of Total Power, Yale University Press.
- [28] Los Angeles River Revitalization, (2010). Guide to the Los Angeles River – past, present and future. <http://larivercorp.org/>

RIVER REHABILITATION – A NECESSARY RESPONSE TO ECOLOGICAL AND CLIMATIC CONDITIONS DETORIORATION IN CITIES

by

Cvetanka POPOVSKA¹⁾ and Branislav ĐORĐEVIĆ²⁾

¹⁾ Ss. Cyril and Methodius University, Faculty of Civil Engineering, 1000 Skopje, Macedonia
e-mail: popovska@gf.ukim.edu.mk

²⁾ University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: branko@grf.bg.ac.rs

Summary

Rivers in settlements areas during urbanization process experience most significant morphological and hydraulic changes. These changes are provoked by river training works which in the past did not consider the ecological and social role of the river as a part of the urban matrix. Therefore, degradation of rivers and their ecosystems occur that have very important social and human dimension in cities development process. Strengthening the ecological awareness of the society, stimulated by ecological and climatic conditions deterioration especially in cities, it is more than evident the necessity of river revitalization. Considering the basic systematic approaches – restoration, rehabilitation and remediation – it can be concluded that restoration (re-establishment of the prior ecological state) of urban rivers practically is not possible having in mind the anthropogenic impacts in wider river zones. However, in most cases rehabilitation is possible which will improve the ecological state of the river and will transform the river into a water body with desirable ecological, spatial planning and social condition. River revitalization measures in cities are integral part of water management and water protection strategic documents in water sector.

This paper deals with review the improper practices of river corridor urbanization in some cities and emphasizes the necessity and possibilities of urban river revitalization. New dimension and urgent actions need are the climate changes which impacted the water cycle and water regime more and more unfavourable (the flood hydrographs rising limb became more steep, more sudden and with greater peaks - low water more extreme and with longer duration). Water regime deterioration and ecological and human life worse conditions in cities, request simultaneous problem solution in river revitalization that will restore not only the river and its ecosystem but will improve the entire river corridor taken by the urban matrix. Some initial steps in river revitalization are defined, some inappropriate river training practices are discussed, but also some very good and successful revitalization and restoration practices world wide are presented as positive experiences.

Key words: urban rivers, cities, river ecosystems, river training, revitalization, climate change

Redigovano 26.06.2013.